

**РАСЧЁТ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ  
ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ МАЛОЙ ТЯГИ  
НА ТОПЛИВЕ АТ-НДМГ,  
РАБОТАЮЩЕГО НА УСТАНОВИВШЕМСЯ ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ**

©2016 А.Г. Воробьёв, С.С. Воробьёва, Д.О. Василевский

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

**CALCULATION OF THERMAL STATE OF COMBUSTION CHAMBER OF LRE AT-UDMH THRUSTERS  
WORKS IN THE IMPULSE STEADY STATE**

Vorobiev A.G., Vorobieva S.S., Vasilevsky D.O. (Moscow Aviation Institute - National Research University,  
Moscow, Russian Federation)

*Analysis of the thermal state of small thrust rocket engine is a rather difficult problem for theoretical calculation. It's connected with: - needed to use a large numbers of calculated ratios describing the physical processes occurring in the combustion chamber; - using a large amount of information of thermodynamic database for a variety of engine operating conditions, taking into account the irregular distribution of the components ratio in the sections of combustion chamber of small thrust liquid rocket engine; - complexity of the simulation of thermal and gas dynamic non-stationary processes in impulse mode of the engine.*

*The main difficulty in calculating for impulse operating modes is the lack of reliable experimental data on the processes in the chambers volume, especially for the filling and emptying of the combustion chamber. A theoretical study of the thermal state of LRE with thrust 200N, working on fuel NTO-UDMH. The cases of engine operating at steady state with a non-stationary thermal state and the steady impulse modes.*

Анализ теплового состояния жидкостных ракетных двигателей малой тяги (ЖРДМТ) представляет собой довольно трудную для теоретического расчёта задачу. Это связано:

- с необходимостью использования большого количества расчётных соотношений, описывающих физические процессы, протекающие в камере сгорания (КС) двигателя;
- с применением большого объёма информации термодинамической базы данных для различных режимов работы двигателя с учётом неравномерного распределения соотношения компонентов в сечениях КС ЖРДМТ;
- со сложностью моделирования тепловых и гидрогазодинамических нестационарных процессов при импульсных режимах работы двигателя.

Основной трудностью при расчёте импульсных режимов работы является отсутствие надёжных экспериментальных данных по внутрикамерным процессам на режимах заполнения и опорожнения КС.

Нестационарность режима работы ЖРДМТ значительно усложняет расчёт процесса теплопередачи. Она приводит в свою

очередь к нестационарному изменению температуры стенки во время единичного пуска. Трудность расчёта нестационарного режима заставляет использовать квазистационарный метод, когда нестационарный режим заменяется набором стационарных режимов с промежуточными параметрами. Задача выявления связи между температурой стенки и температурой газа в пограничном слое является наиболее важной и сложной при расчёте процесса теплопередачи в КС РДМТ.

Для определения теплового состояния стенки КС на импульсных режимах включения задачу моделирования разбивают на две подзадачи: моделирование теплообмена на установившемся участке импульса и моделирование теплообмена на неустановившихся участках в квазистационарной постановке – используются уравнения для установившегося режима с учётом изменяющихся значений основных параметров термодинамического процесса течения продуктов сгорания – давления в КС и температуры стенки КС со стороны газа.

Проведено теоретическое исследование теплового состояния ЖРД тягой 200 Н, работающего на топливе АТ-НДМГ. Рассмотрены случаи работы двигателя на установив-

шемся режиме с нестационарным тепловым состоянием и на установившемся импульсном режиме работы.

При расчёте импульсного режима получена большая амплитуда по температуре на внутренней поверхности КС (рис. 1): на первых импульсах амплитуда температуры составляет 75-100К при времени импульса 0,5 с.

Показано, что тепловое состояние КС ЖРДМТ на установившемся импульсном режиме сильно зависит от основных показателей импульсного режима: времени импульса и времени паузы между включениями.

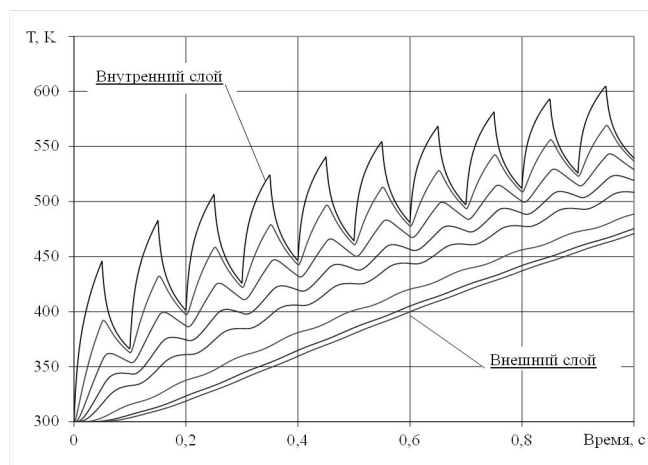


Рис. 1. Тепловое поле стенки камеры сгорания в критическом сечении по времени при импульсе 0,05 с и времени паузы 0,05 с для случая 20% завесы горючего,  $\alpha = 0,85$ .

УДК 621.432.263.5

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ ПОРИСТОМ ВДУВЕ

©2016 А.В. Гимбицкий, А.Г. Каримова, С.Г. Дезидерьев, В.А. Ильяшенко

Казанский национальный исследовательский технический университет  
имени А.Н. Туполева – КАИ

## RESEARCH RESULTS ON HEAT TRANSMISSION AND HEAT PROTECTION EFFICIENCY FOR POROUS INJECTION

Gimbitskii A.V., Karimova A.G., Dezider'ev S.G., Il'achenko V.A. (Kazan National Research Technical University named after A.N Tupolev – KAI, Kazan, Russian Federation)

*This work is devoted to the experimental study of the method of thermal protection of the environment by screening from the hot body of the high-temperature gas turbine engine on a model setup under conditions with the injection of air through a porous screen. The generalized dependence of thermal protection is obtained so that permit temperature of the screen and the casing injection air through a porous screen are predictable.*

Особенностью работы стационарных газотурбинных установок (ГТУ) является их продолжительная работа в условиях замкнутого пространства. В связи с этим возникает необходимость в эффективном отводе тепла из отсеков ГТУ, для того чтобы избежать перегревов различных узлов и элементов. Для этого применяются различные теплоизоляционные материалы и системы вентиляции [1,2].

В КАИ был предложен способ организации тепловой защиты с применением экранирования [3,4]. Для исследования эффективности тепловой защиты и теплопередачи была сконструирована экспериментальная модельная установка [5].

В процессе проведения опытов варьировались расход воздуха  $G_v$ , температура горячей стенки  $T_r$  и толщина воздушной прослойки  $\delta_r$ . Для каждого режима получены распределения температур как в воздушных прослойках по высоте, так и на поверхностях экрана и оболочки.

Тепловые потоки, входящие в уравнение теплового баланса системы, определялись по формулам Фурье и Ньютона. Обработка результатов замеров всех температур позволила определить коэффициенты теплоотдачи ко всем поверхностям, участвующим в процессе теплопередачи, а также эффективность тепловой завесы, создаваемой вдувом воздуха. [5]. Результаты опытов пред-